

T S1/5/1

1/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2005 Thomson Derwent. All rts. reserv.

004357028

WPI Acc No: 1985-183906/198530

XRPX Acc No: N85-138089

**Optical interconnection system - uses digital bus provided by boundary layer material with spaced coupling windows for switching circuit transducers**

Patent Assignee: HASE K R (HASE-I)

Inventor: HASE K R

Number of Countries: 012 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 8503179	A	19850718	WO 85DE2	A	19850109	198530 B
DE 3400480	A	19850905	DE 3400480	A	19840109	198537
EP 168444	A	19860122	EP 85900630	A	19850109	198604
JP 61500941	W	19860508	JP 85500450	A	19850109	198625
EP 168444	B	19880713				198828
DE 3563806	G	19880818				198834

Priority Applications (No Type Date): DE 3400480 A 19840109

Cited Patents: 2.Jnl.Ref; EP 63626; JP 50088778; US 3189744; US 3401469; US 4076375; US 4307294; JP 57088778

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 8503179 A G 46

Designated States (National): JP US

Designated States (Regional): AT BE CH DE FR GB LU NL SE

EP 168444 A G

Designated States (Regional): AT BE CH DE FR GB LI LU NL SE

EP 168444 B G

Designated States (Regional): AT BE CH DE FR GB LI LU NL SE

Abstract (Basic): WO 8503179 A

The interconnection system uses an optical bus to couple a number of switching circuits (7) arranged on a light guide plate (1). This has a boundary layer material (2) with a complex refractive index valve and spaced light coupling windows (3). Each of the switching circuits (7) has optoelectrical and electrooptical transducers (4,5) aligned with the coupling windows (3) for supplying signals to the optical bus and receiving signals from the latter.

Pref. each switching circuit has a data converter (16,19,20) converting incoming serial data into parallel form for coupling to the optical data bus and converting parallel data from the latter into serial output data.

USE - Interconnecting electronic units in data processor or microprocessor or for digital communications circuits.

2/7

Title Terms: OPTICAL; INTERCONNECT; SYSTEM; DIGITAL; BUS; BOUNDARY; LAYER; MATERIAL; SPACE; COUPLE; WINDOW; SWITCH; CIRCUIT; TRANSDUCER

Derwent Class: P81; T01; V07; W01; W02

International Patent Class (Additional): G02B-006/28; G06F-001/00;

H01L-027/15; H04B-009/00; H05K-001/02

File Segment: EPI; EngPI

?

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3400480 A1**

⑤ Int. Cl. 4:  
**G 02 B 6/28**  
G 02 B 6/12  
G 06 F 1/00

⑳ Aktenzeichen: P 34 00 480.7  
㉑ Anmeldetag: 9. 1. 84  
㉒ Offenlegungstag: 5. 9. 85

DE 3400480 A1

㉑ Anmelder:

Hase, Klaus-Rüdiger, Dipl.-Ing., 4350  
Recklinghausen, DE

㉒ Vertreter:

Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Neidl-Stippler,  
C., Dipl.-Chem.Dr.phil.nat., Pat.-Anw.; Schiller, W.,  
Dr., Rechtsanwalt, 8000 München

㉓ Erfinder:

gleich Anmelder

*[Handwritten signature]*

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- ⑤4 Optisches Bus-System (Optobus) mit planarem Lichtleiter für datenverarbeitende Systeme, insbesondere Mikrorechner

Die Erfindung hat zum Gegenstand, die Leiterplatten herkömmlicher Bauart mit ihren elektrischen Signalleitungen, insbesondere solche in Rechnersystemen, die eine Bus-Struktur besitzen, zu ersetzen durch eine transparente optische Lichtleiterplatte, deren Dicke groß sein kann in Relation zur Wellenlänge und die beidseitig mit einem Grenzschichtmaterial beschichtet ist, das eine i. a. komplexwertige Brechzahl hat.

Das Grenzschichtmaterial besitzt Aussparungen, die als Koppelfenster mittels elektro-optischer Wandler (z. B. LED, Halbleiter-Laser) und opto-elektrischer Wandler (z. B. Photodioden) eine Ein- bzw. Auskopplung der zur Nachrichtenübertragung verwendeten Lichtsignale in die Lichtleiterplatte ermöglichen.

Die Wandler (LED, PD usw.) sind Teil der Rechnerkomponenten, die in entsprechenden Gehäusen auch den integrierten Schaltkreis (Rechnerkomponenten-Chip) und Anschlüsse für die elektrische Energieversorgung beinhalten.

Die businterne Datenübertragung erfolgt in serieller Form, wobei gegebenenfalls in den Rechnerkomponenten eine Parallel-Seriell-Umsetzung vorgenommen werden muß, sofern diese die Daten parallel verarbeiten, speichern usw. Insbesondere müssen passive Bus-Teilnehmer eine Takt-rückgewinnung durchführen, wenn nur ein Übertragungs-kanal benutzt werden soll.

DE 3400480 A1

Patentansprüche

- 5      1.      Optisches Bus-System (im folgenden Optobus genannt) und entsprechend wirkende, innerhalb eines Gesamtsystems arbeitende interne Nachrichten-Übertragungssysteme, unter anderen in datenverarbeitenden Geräten, insbesondere in Mikrorechnern, die mittels einer oder mehrerer Übertragungskanäle, die in den  
10      Teilkomponenten (im folgenden Bus-Teilnehmer genannt) des Gesamtsystems anfallenden, gespeicherten oder zu verarbeitenden Informationen (Daten) als Nachrichten untereinander in einer einheitlichen oder zumindest ähnlichen Form übertragen (im folgenden als Bus-Transferoperation bezeichnet), da-  
15      durch gekennzeichnet, daß als Übertragungsmedium eine planare oder auch gekrümmte für die zur Übertragung verwendete Lichtwellenlänge transparente Scheibe (1) als Lichtleiter mit einer Dicke, die  
20      groß sein kann in Relation zur verwendeten Lichtwellenlänge eingesetzt wird und die auf den beiden großen Außenflächen mit einem Grenzschnittmaterial (2) mit einem beliebig komplexwertigen Brechungsindex so beschichtet ist, daß der für die Signalübertragung wesentliche Anteil der Lichtleistung im  
25      Lichtleiter geführt werden kann, wobei dieses Grenzschnittmaterial mit Koppelfenster (3) so versehen ist, daß über eine feste oder lösbare Koppelzwischenschicht (27) solche, mit gerichteten oder ungerichteten optischen Sende- (4) und Empfangs-  
30      elementen (5) ausgestattete Bus-Teilnehmer (7), die zur Signalübertragung verwendete Lichtleistung ein- und ausgekoppeln können und die solchermaßen übertragene Information in eine für die weitere Verarbeitung oder Speicherung erforderlichen Form um-  
35      setzen.

2. Optobus nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Informationsübertragung seriell erfolgt und die, in den inneren Komponenten (17, 18) anfallenden, zu übertragenden Daten mittels einer Parallel-Seriell-Umsetzung (16) in die zur Übertragung seriellen Form umgesetzt wird und nach der Übertragung wieder rückumgesetzt wird.  
5
- 10 3. Optobus nach Patentanspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung des optischen Koppelgrades ein Koppelkegel (31) auf der dem Koppelfenster (3) gegenüberliegenden Seite im Lichtleiter (1) angeordnet ist.  
15
4. Optobus nach Patentanspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung des optischen Koppelgrades für die optischen Sender und/oder Empfänger Zusatzoptiken (35, 36, 37) aus Gläsern oder anderen transparenten Stoffen mit unterschiedlichen Brechzahlen derart verwendet werden, daß eine Bündelung des aus- bzw. eingekoppelten Lichtleistungsanteils innerhalb des Hauptübertragungsraumwinkels der Lichtleiterplatte (1) erzielt wird.  
20
- 25 5. Optobus nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzoptik (35, 36, 37) mit einer gekrümmten und im allgemeinen asphärischen Fläche (37) so ausgestattet ist, daß ihre Richtwirkung unabhängig von der absoluten Größe der Brechzahl des umgebenden Materials ist.  
30
6. Optobus nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Energieversorgung der Bus-Teilnehmer  
35

über ein Leitersystem in Form von Leiterbahnstreifen (9) erfolgt, welches auf der Lichtleiterplatte aufgebracht ist.

- 5     7.     Optobus nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die  
Ableitung der in den Bus-Teilnehmern anfallenden  
Verlustleistungs-Wärme über die, gegebenenfalls  
auch zur elektrischen Energieversorgung genutzten,  
10     auf der Lichtleiterplatte angeordneten, Leiterbahn-  
streifen (Metallschichten, 9) erfolgt.
- 15     8.     Optobus nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die  
elektro-optischen bzw. opto-elektrischen Wandler,  
die als optische Sender (4) oder Empfänger (5) der  
Bus-Teilnehmer dienen, ganz oder teilweise in räum-  
licher Einheit mit den digitalen bzw. analogen  
Schaltkreisen auf einem ein- oder beidseitig ge-  
20     nutzten Halbleiterplättchen (Chip, 6) aufgebaut  
sind.
- 25     9.     Optobus nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bus-  
Teilnehmer mit einer mechanischen Halterung an der  
optischen Lichtleiterplatte derart versehen sind,  
daß sie zu jeder Zeit wieder von derselben abgenom-  
men bzw. gegen andere Komponenten ausgetauscht  
werden können.

30

35

4

-X-

Optisches Bus-System (Optobus) mit planarem Lichtleiter  
für datenverarbeitende Systeme, insbesondere Mikrorechner

Die Erfindung bezieht sich auf Informationsübertragungs-  
5 kanäle in datenverarbeitenden Systemen, insbesondere auf  
Mikrorechner und dabei auf die z.Z. dort üblichen paral-  
lelen elektrischen Bussysteme, die die rechnerinterne  
Kommunikation zwischen den aktiven Komponenten (z.B.  
CPU, DMA-Controller usw.) und den passiven Komponenten  
10 (z.B. RAM, ROM, E/A-Bausteine usw.) ermöglichen.

Mit zunehmenden Fortschritten in der Integrationstechnik  
ist es zwar gelungen, ganze Rechner auf einen Halbleit-  
ter-Chip zu integrieren, jedoch nehmen die Anforderungen  
15 bezüglich Verarbeitungskapazität und Flexibilität  
schneller zu als die technologischen Möglichkeiten.  
Hinzu kommt, daß sich für bestimmte Komponenten (z.B.  
Speicher) genau abgestimmte Herstellungstechniken her-  
ausgebildet haben, die mit den verfügbaren technolo-  
20 gischen Möglichkeiten ein Maximum an Integrationsdichte  
erreichen.

Dies bedeutet aber, daß auch in Zukunft Rechnersysteme  
neben einem oder mehreren Prozessoren aus einer mehr  
25 oder weniger großen Anzahl zusätzlicher Komponenten  
bestehen werden, zwischen denen Daten in Form von Nach-  
richten ausgetauscht werden müssen. Die systeminterne  
Nachrichtenübermittlung geschieht bislang über elektri-  
sche Verbindungsleitungen auf galvanischem Wege. Dabei  
30 hat sich der "Bus" durchgesetzt, durch den alle am Bus-  
Transfer beteiligten Hardwarekomponenten (im folgenden  
Bus-Teilnehmer genannt /1/) des Gesamtsystems miteinan-  
der zusammengeschaltet sind.

35 Die Busse sind heute für die meisten 8- und 16-Bit-  
Mikroprozessoren als parallele Leiterbahnsysteme ausge-

legt. Dabei wird in der Regel jeder Binärstelle des Daten- und Adreß-Wortes sowie den Steuersignalen eine elektrische Leitung zugewiesen. Dies erfordert schon bei den 16-Bit-Prozessoren Gehäuse mit 64 und mehr Anschlüssen. Der dafür erforderliche elektrische Kontaktapparat muß aus naheliegenden Gründen sehr zuverlässig sein und stellt beim heutigen Stand der Integrationstechnik für die meisten Mikrorechner-Komponenten den höchsten Kostenanteil dar.

10

Man hat daher versucht, die Anzahl der Bus-Leitungen dadurch zu vermindern, daß man Datenwörter und Adreßwörter über dieselben Leitungen im Zeitmultiplex-Verfahren überträgt (Beispiele in /2/). Bei kleineren Systemen (z.B. /3/) wurde der Bus seriell ausgelegt und auf zwei Leitungen (Daten- und Takt-Leitung) reduziert. Diese Multiplex-Verfahren haben jedoch ihre Grenzen, da sie zu einer Erhöhung der Bandbreite für die Bus-Signale führen.

20

Mikrorechner werden heute durchweg in Leiterplattentechnik gefertigt. In Anbetracht der dadurch bedingten Topologie der Bus-Leitungen muß man, mit Rücksicht auf die Flexibilität des Gesamtsystems, Kompromisse bezüglich der Gleichmäßigkeit des Wellenwiderstandes der Leitungen und damit notwendigerweise auch der wellenwiderstandsmäßigen Abschlüsse der Bus-Leitungen eingehen. Die dadurch verursachten Störungen und die Beeinflussungen durch ungenügende Abschirmung gegenüber benachbarten Leiterbahnen führen bei der Vielzahl der erforderlichen Bus-Leitungen zu einer Begrenzung der nutzbaren Bandbreite und beschränken die Bus-Kanalkapazität, insbesondere von Mikrorechnern mit hoher Rechenleistung.

25

30

35 Daher sind schon vor einiger Zeit Versuche unternommen worden, die in der Weitverkehrs-Nachrichten-Übertra-

gungstechnik zwischenzeitlich so erfolgreichen optischen Übertragungsverfahren auch für Bus-Systeme von Rechnern für die hier nur kleinen und mittleren Entfernungen nutzbar zu machen (/4/).

5

Die Einführung optischer Übertragungsverfahren wird aber nur dann einen Fortschritt darstellen, wenn die Vielzahl der Bus-Leitungen auf einen Übertragungsweg reduziert werden kann; das heißt, daß das parallele Bus-Protokoll in ein (zumindest teilweise) seriell überführt werden muß. Bei den z.Z. üblichen Transfargeschwindigkeiten von 0,5...40 MByte/s ergeben sich damit, je nach Auslegung des Bus-Protokolls, Übertragungsraten zwischen 50 und ca. 600 MBit/s. Angesichts der, in der optischen Glasfasertechnik erreichten Transferraten von mehreren GBit/s, stellt dies von der Bauelemente-Seite her kein grundsätzliches Problem dar.

Andererseits sind aber die bisher bekannten Ankoppeltechniken an die Übertragungsmedien, Glasfaser oder dielektrische Flächen-Wellenleiter, noch mit einem derart hohen Aufwand verbunden, daß sie die leicht lösbaren elektrischen Kontakte herkömmlicher Aufbauten, aus ökonomischer Sicht, noch nicht ersetzen können. Realisierungsvorschläge optischer Busse haben sich daher bislang auf die Zusammenschaltung größerer Multi-Prozessor-Systeme beschränkt, bei denen die Entfernungen der Subsysteme in der Größenordnung von 10 bis 100 m liegen.

Für die Verbindung einzelner integrierter Schaltkreise untereinander scheidet die Glasfaser als Übertragungsmedium auch praktisch deshalb aus, da die bisher bekannten Koppelprinzipien, wie Sternkoppler, Ringsysteme mit Repeatern oder T-Strukturen (Überblick z.B. in /6/) entweder die Anzahl der ankoppelbaren Komponenten von vornherein beschränken oder durch die Vergrößerung der



- Signallaufzeiten dem Datendurchsatz und den Antwortzeiten für die aufgerufenen Komponenten enge Grenzen gesetzt sind. Ebenso erweisen sich die bisherigen Versuche, mono- oder multimodige ebene Lichtwellenleiter mit (rellem) Brechzahlssprung für schnelle Datenübertragung zu nutzen, wegen der aufwendigen Koppeltechnik (Prismenkoppler u.ä.,/5/) für den Einsatz in Mikroprozessor-Bus-Systemen als wenig geeignet.
- 10 Mit dieser Erfindung soll daher Abhilfe geschaffen werden, indem für die Zusammenschaltung der Rechnerkomponenten für die Informationsübertragung nur ein optischer Übertragungskanal (für beliebige Übertragungsrichtungen) und lediglich für die Zuführung elektrischer
- 15 Energie zwei galvanische Verbindungen benötigt werden.

- (Unter Licht soll im folgenden der spektrale Bereich der elektromagnetischen Wellen verstanden werden, der in der optischen Nachrichtentechnik üblicherweise für Übertragungszwecke nutzbar gemacht wird, auch dann, wenn er sich den menschlichen Sinnesorganen entzieht.)
- 20

- Erfindungsgemäß soll dabei die Leiterplatte herkömmlicher Bauart, mit ihren elektrischen Signalleitungen, ersetzt werden, durch eine transparente optische Lichtleiterplatte 1, entsprechend Figur 1, deren Dicke  $d$  groß sein kann in Relation zur Wellenlänge (z.B. 850nm) des zur Übertragung verwendeten Lichts. Die Lichtleiterplatte ist beidseitig mit einem Material 2 (im folgenden Grenzschnittmaterial genannt) beschichtet, das eine beliebig komplexwertige Brechzahl  $\underline{n}_2 = n_2(1-jk)$  (Brechungsindex) besitzt, deren Realteil  $n_2$  vorzugsweise kleiner als die Brechzahl  $n_1$  der Lichtleiterplatte 1
- 25
- 30
- 35 ist.

Ist der Absorptionskoeffizient  $k$  des Grenzschnittmaterials 2 groß gegenüber der reellwertigen relativen Brechzahl  $n_{rel} = n_2/n_1$ , so können für alle Inzidenzwinkel Lichtstrahlen in der Lichtleiterplatte geführt werden. Die Reflexionen an dem Grenzschnittmaterial sind dann zwar grundsätzlich verlustbehaftet (in Abhängigkeit von Polarisationsrichtung und Inzidenzwinkel), jedoch ist die Lichtdämpfung bei geringer Absorption des Grundmaterials der Lichtleiterplatte, geeigneter Wahl des Grenzschnittmaterials (z.B. Metalle wie Ag, Al, Cu), der Wellenlänge des verwendeten Lichts und der Dicke  $d$  der Lichtleiterplatte so gering, daß damit zumindest Leiterplatten bis zum Europakarten-Format (100 mm \* 160 mm) ersetzt werden können. Je nach Parameterwahl ergibt sich damit eine, für die optische Signalimpulsenergie optimale Plattendicke zwischen 2 mm und 4 mm, die auch genügend mechanische Stabilität besitzt um auf zusätzliche Stützmechanismen zu verzichten.

Das Grenzschnittmaterial besitzt Aussparungen 3, die als Koppelfenster mittels elektro-optischer Wandler 4 (z.B. LED, Halbleiter-Laser) und opto-elektrischer Wandler 5 (z.B. Photodioden) eine Ein- bzw. Auskopplung der zur Nachrichtenübertragung verwendeten Lichtsignale in die Lichtleiterplatte ermöglichen. Diese Koppelfenster müssen so angeordnet sein, daß keine gegenseitige Abschattung eintritt, d.h. auf einer beliebig verlängerten Verbindungslinie zwischen zwei Koppelfenster kein drittes Koppelfenster liegt, wenn gefordert wird, daß alle Bus-Teilnehmer miteinander kommunizieren sollen; dies gilt für ein oder beidseitige Koppelfensteranordnung.

Die Wandler 4,5 (LED, PD usw.) sind Teil der Rechnerkomponenten 7, die in entsprechenden Gehäusen auch den integrierten Schaltkreis 6 (Rechnerkomponenten-Chip) und Anschlüsse 8 für die elektrische Energieversorgung be-

sitzen. Die elektrische Energie kann über breite Leiterstreifen 9, die auf der Grenzschicht 2 aufgetragen sind oder Teil derselben sind, (bei Metallschichten) zugeführt werden, wobei die gegebenenfalls anfallende  
5 Verlustleistungswärme auch hierüber mit abgeführt werden kann.

Wird für die Bus-Architektur eine Unterscheidung nach aktiven und passiven Teilnehmern (nach DIN 66264, /1/) vorgenommen, so kann z.B. entsprechend Figur 2, ein  
10 aktiver Bus-Teilnehmer 21 neben der inneren Rechnerkomponente mit Parallelstruktur 17 (z.B. CPU) einen Parallel-Seriell-Umsetzer 16 (PSU), entsprechende Senderverstärker 19 und Empfängerverstärker 20 mit der erforderlichen Signalabtastung 11 enthalten. Zusätzlich besitzt  
15 dieser aktive Bus-Teilnehmer auch einen Taktgenerator 12 für den Übertragungstakt 24, der über einen Takteiler (Zähler) 23 mit festem Teilungsverhältnis 1/n den Prozessor-Systemtakt 14 generiert. Der Taktgenerator 12  
20 liefert auch die Abtastintervalle für den Signalabtaster 11. Der Parallel-Seriell-Umsetzer 16 setzt die in den internen Registern anfallenden parallelen Datenworte (15) in serielle Signale um bzw. übernimmt auch die Rückumsetzung nach einer Übertragung.

25 Bei den passiven Bus-Teilnehmern 22, von denen, im Rahmen der Adressierungsfähigkeit der aktiven Teilnehmer, beliebig viele angeschlossen werden können, und die z.B. als innere Komponente einen Schreib-Lese-Speicher 18  
30 (RAM) enthalten, werden ebenfalls jeweils ein Empfänger-Verstärker 20, ein Sende-Verstärker 19 und bei interner Parallel-Struktur, dargestellt durch den internen Parallel-Bus 15, auch ein Parallel-Seriell-Umsetzer 16 benötigt. Die Synchronität bei der Übertragung wird über  
35 eine Taktrückgewinnungsschaltung 13 sichergestellt, die aus dem übertragenen Signal den Systemtakt zurückge-

winnt. Der Parallel-Seriell-Umsetzer 16 enthält auch die Adreßinformation, die vor Einsatz der passiven Komponente elektrisch oder auf andere Weise programmiert werden muß.

5

Figur 3a zeigt eine mögliche Gestaltung der optischen Koppelanordnung für eine LED 4 als optischen Sender in vergrößerter Form. Hierbei ist an das Koppelfenster 3 über eine Koppelzwischenschicht 27, die vorzugsweise aus einem transparenten Material (z.B. Kleber für feste oder Flüssigkeit für lösbare Verbindungen) mit einer Brechzahl  $n_3 = n_1$ , eine in ein festes transparentes Material 28 (z.B. Kunstharz) mit der Brechzahl  $n_4 = n_1$  eingebettete planare Leuchtdiode so angeordnet, daß die Austrittsfläche 30 die in der aktiven Zone 29 generierten Lichtquanten in den Lichtleiter 1 eintreten läßt.

Mit der Wahl der Brechzahlen  $n_1 = n_3 = n_4$  wird erreicht, daß die Ankoppelung unkritisch ist (Verkipfung) und keine Transmissionsverluste an den beteiligten Grenzschichten entstehen.

Die z.Z. verfügbaren schnellen Wandler sind von ihrer physikalischen Struktur her überwiegend als ebene Strahler bzw. ebene Empfänger (Lambert-Charakteristik) mit einer kleinen aktiven Oberfläche 30 zur Anpassung an Glasfaser-Lichtwellenleiter optimiert.

Optische Sender, die sich wie Lambert-Strahler verhalten, sind aber auf die Verhältnisse der Lichtleiterplatte nicht besonders angepaßt, da der Anteil der Strahlungsleistung, der unter dem Teilraumwinkel abgestrahlt wird, der für die Signalübertragung den wesentlichsten Beitrag liefert, nur relativ klein ist, gemessen am Gesamtbetrag der abgestrahlten optischen Leistung.

Zur Verbesserung des Kopplungsgrades können an der, dem Koppelfenster 3 gegenüberliegenden Grenzschrift 2, innerhalb der Lichtleiterplatte kleine Koppelkegel 31 aus reflektierendem Material angeordnet werden, die eine Umlenkung der Lichtstrahlen in einen für die Übertragung günstigen Raumwinkelbereich ermöglichen.

Neben einem geringen Kopplungsgrad hat diese Strahlungsschakteristik außerdem zur Folge, daß bei der Vielzahl der möglichen Übertragungswege, zwischen optischem Sender und Empfänger verschiedener Bus-Teilnehmer, eine ungünstige Gewichtung der zur Gesamtstrahlungsleistung beitragenden Teilbeiträge mit großer Laufzeit entsteht und damit eine starke Verbreiterung (Dispersion) der Lichtimpulsantwort im Basisband des Nutzsignals zu beobachten ist, die insbesondere bei großen Entfernungen die Übertragungsrate begrenzt.

Der Impulsverbreiterung kann entgegengewirkt werden mit einer Verringerung des Reflexionskoeffizienten am Grenzschriftmaterial 2, durch die Wahl eines Materials mit schlechteren Reflexionseigenschaften. Dieses Verfahren läßt sich erfolgreich für kleinere Lichtleiterplatten (bis ca. 100 mm Kantenlänge) anwenden, bei größeren Lichtleiterplatten macht sich aber die zusätzliche Dämpfung bemerkbar, die dann zu einer weiteren Verschlechterung des Kopplungsgrades bei großen Sender-Empfänger-Entfernungen führt.

Abhilfe kann hierbei allerdings auch eine Wölbung der Austrittsfläche 30 der Emitterdiode bringen, die außerdem noch zu einer erheblichen Steigerung des externen Quantenwirkungsgrades führen kann. Für einen Halbkugelstrahler läßt sich nach /7/ und der dort angegebenen Literatur ein, im Vergleich zum ebenen Flächenstrahler, um mindestens zwanzig mal größerer Anteil der im Innern

des Diodenkristalls erzeugten Strahlungsleistung auskoppeln. Wegen der unspezifischen Abstrahlrichtung ist aber auch hiermit das Problem der Impulsverbreiterung nicht gelöst.

5

Eine weitere Verbesserung kann ein gerichteter Strahler schaffen, der seine überwiegende Strahlungsleistung rotationssymmetrisch in einen engen Raumwinkelbereich abstrahlt, der der Vorzugsrichtung für die Signalübertragung entspricht. Dieser läßt sich in Anlehnung an die Weierstraß-Sphäre als Weierstraß-Torus 32 entsprechend Figur 3b aufbauen, wobei sich der Außenradius  $r_1$  zum gedachten Innenradius  $r_2$  wie die Brechungsindizes des Emitttermaterials (für GaAlAs:  $n_5 = 3,6$ ) zum Einbettungsmaterial ( $n_4 = n_1$ : 1,5...1,8 je nach Wahl) verhalten.

Abgesehen davon, daß sich eine dafür erforderliche asphärische Oberfläche nicht mit vertretbarem Aufwand beim derzeitigen technologischen Stand für III-V-Verbindungen herstellen ließe, so wäre die Richtwirkung des Emitters auch sehr stark von eventuellen Schwankungen der Brechzahl des Einbettungsmaterials abhängig.

Dieser Nachteil läßt sich umgehen, wenn ein Halbkugelstrahler 33 (Fig. 3c) oder ein Strahler verwendet wird, der nur für die interessierenden Teilraumwinkel eine dem Kugelstrahler vergleichbare Strahlungscharakteristik besitzt und damit erheblich einfacher herzustellen ist als der Weierstraß-Torus. Um nun die gleiche Strahlbündelung zu erreichen wie dieser, muß der Strahler 33, entsprechend Figur 3c, mit einer rotationssymmetrischen Optik 35, 36, 37, versehen werden, die in Anlehnung an die Konstruktionsregeln der Weierstraß'schen Kugellinsen eine aberrationsfreie Abbildung eines Kreises im Innern 38 des Strahlers 33 durch die Wahl des Verhält-

nisses der Radien der Außenkurve der Linse 35 zu einer gedachten Innenkurve 34, an die die aktive Fläche 38 des Strahlers grenzt, das identisch dem Brechzahlverhältnis  $n_7/n_6$  der Körper 35 und 36 ist, die vorzugsweise aus  
5 Glas oder Kunststoff aufgebaut werden. Wird die Außenfläche 37 des Körpers 36 so geformt, daß die Krümmungsmittelpunkte auf dem virtuellen Bild der aberrationsfrei abgebildeten aktiven Strahlerzone 38 liegen, so hat die Anordnung nach Figur 3c außerdem den Vorteil, daß  
10 ihre Richtwirkung unabhängig von der Bechzahl des umgebenden Materials ist, sofern dieses homogen und isotrop ist.

Obige Überlegungen gelten gleichermaßen für optische Empfänger, jedoch stehen hierfür auch schnelle großflächige PIN-Photodioden in Planartechnik mit genügend großem externen Quantenwirkungsgrad zur Verfügung.

Können gerichtete optische Sender eingesetzt werden oder  
20 stehen andere, die Richtwirkung beeinflussende Koppelhilfen, z.B. Koppelkegel (31), zur Verfügung, so kann auch ein Grenzschnittmaterial 2 mit reellwertiger Brechzahl  $n_2 < n_1$  (d.h.  $k=0$ ) Verwendung finden, wenn der durch den relativen Brechzahlunterschied  $n_1, n_2$  resultierende  
25 Grenzinzenwinkel kleiner ist als der Hauptabstrahlwinkel des optischen Senders. Für diesen Fall ergibt sich durch die Raumwinkelselektion des zu übertragenen Lichts an der Grenzschnitt praktisch keine Impulsverbreiterung und keine zusätzliche Dämpfung bei großen Sender-Empfänger-Abständen, so daß die Impulsenergie nur annähernd  
30 umgekehrt proportional mit der Entfernung abklingt. Man wird die Kombination, gerichteter Sender und reellwertiges Grenzschnittmaterial, vorzugsweise bei großen Lichtleiterplatten einsetzen.

35

Die Halbleiterplättchen (Chips) hochintegrierter Schaltkreise werden heute überwiegend in Siliziumtechnik hergestellt und nur einseitig genutzt. Bei der Anwendung in optischen Bus-Systemen bietet es sich an, die Rückseite der Chips dahingehend zu nutzen, daß auf ihnen z.B. die Empfänger in Form großflächiger PIN-Photodioden aufgebaut werden. Steht auch für direkte Halbleiter (III-V-Verbindungen) die Hochintegrationstechnik zur Verfügung, so können beide opto-elektrischen Wandler (z.B. LED und Photodiode) auf ein gemeinsames Halbleiterplättchen aufgebaut werden. Dabei bietet es sich an, auf der Unterseite die Wandler und die übrigen Schaltungsteile auf die, der Lichtleiterplatte abgewandten Oberseite des Chips vorzusehen.

Für die serielle Übertragung von Mikroprozessor-Bus-Signale läßt sich kein allgemein gültiges Übertragungsprotokoll angeben, da auch die bisher bekannten Parallel-Busse sehr unterschiedlich aufgebaut sind und stark an die jeweilige Prozessorarchitektur gebunden sind. Demnach soll das nachfolgend beschriebene serielle Bus-Protokoll, daß für eine Mikroprozessor-Bus-Familie realisiert wurde, zu denen z.B. die Prozessoren M6800, M6809 (beide von Motorola Inc., USA) und der R6502 und verwandte Prozessoren (von MOS, Rockwell, GTE usw., USA) gehören, als ein mögliches Realisierungsbeispiel für serielle synchrone Mikroprozessor-Bus-Systeme angesehen werden. Asynchrone serielle Bus-Systeme lassen sich in ähnlicher Weise daraus ableiten.

Ausgehend von einem synchronen nichtüberlappenden Zwei-Phasen-Taktsystem 40, entsprechend Figur 4, mit den Signalen  $\emptyset_1$  und  $\emptyset_2$ , welches für die serielle Übertragung in 72 Teilzyklen, repräsentiert durch den PLL-Zählerstand 47, aufgeteilt wird, steht vom gemeinsamen Bezugszeitpunkt 41 ab, nach einer Verweilzeit  $T_{RW}$  das Rich-



tungssignal R/W 42 zur Verfügung, welches logisch "1" für einen nachfolgenden Lesezyklus (vom Prozessor aus gesehen) und log. "0" für einen Schreibzyklus signalisiert.

5

Nach einer Verweilzeit  $T_{Ad}$  liegt das gültige Adreßwort 43 am parallelen Adreß-Bus an, so daß, beginnend mit einem Adreß-Vorbit (AVB) 48, mit der Aussendung des seriellen Bus-Signals 46 frühestens von diesem Zeitpunkt an begonnen werden kann. Für dieses Beispiel wurde das Steuersignal R/W 49 mit in die Adreßübertragung 50 einbezogen, die mit einem Adreß-Nachbit (ANB) 51 ihren Abschluß findet und ein sogenanntes Übertragungszeitfenster belegt. Mit der Übertragung der Steuer- und Adreß-Signale sichert sich der Prozessor als aktiver Bus-Teilnehmer die Kontrolle über den Bus für den laufenden Bus-Zyklus. Die passiven Bus-Teilnehmer müssen diese Signale mit den dafür vorgesehenen Einrichtungen (5, 11, 13, 16, 20) empfangen und auswerten, wobei der angesprochene Teilnehmer sich für die nachfolgende Datenübertragung bereithalten muß.

Innerhalb der zweiten Phase des Bus-Zyklusses muß im Falle einer Schreiboperation der Prozessor nach einer Verweilzeit  $T_{DS}$  das Datensignal 44 bereitstellen, welches dann in einem weiteren Übertragungszeitfenster beginnend mit einem Daten-Vorbit 52 und den Daten 53 seriell übertragen wird. Der angesprochene passive Bus-Teilnehmer muß dieses Datum empfangen und gegebenenfalls wieder in eine parallele Form rückumwandeln (16) und entsprechend seiner Aufgabe speichern (RAM), weiterverarbeiten (z.B. Subprozessoren) oder an andere Betriebsmittel (E/A-Komponenten) ausgeben.

Im Falle einer Leseoperation muß der angesprochene passive Bus-Teilnehmer das angeforderte Datum nach einer

Zugriffszeit  $T_{ZP}$ , nach Abschluß der Adreß-Übertragung, ebenfalls beginnend mit einem Daten-Vorbit 52, das serielle Datenwort 53 an den Prozessor übertragen. Vorzugsweise wird dieser Übertragungszyklus im gleichen Zeitra-  
5 ster abgewickelt wie bei der Schreiboperation, was ein Mitprotokollieren durch andere Bus-Teilnehmer erleichtert.

Der Preis für die serielle Bus-Übertragung ergibt sich  
10 durch die verkürzte Zugriffszeit  $T_{ZP}$  gegenüber der des Parallel-Busses  $T_{DL} - \text{Max}(T_{Ad}, T_{RW})$ , die jedoch bei Erhöhung des Übertragungstaktes und entsprechend feinerer Unterteilung des Übertragungszyklusses in mehr als 72 Einheiten vergrößert werden kann. Andererseits läßt  
15 sich aber ein PSU 16 beim heutigen Stand der Technik für eine Bus-Zyklusdauer  $T_Z$  von 1000 ns und einer seriellen Übertragungsrate von 72 MBit/s mit ca. 200 TTL-Gatterfunktionen so aufbauen, daß für die internen, parallelen, passiven Teilkomponenten (z.B. RAM) eine Zugriffs-  
20 zeit von ca. 200 ns verbleibt. Dieser zusätzliche Aufwand für die serielle Übertragung ist gemessen an den Gatterzahlen moderner Prozessoren sehr gering.

Wird die herkömmliche parallel organisierte Bus-Treiber-  
25 logik durch entsprechende PSU-Teilsysteme 16 innerhalb der integrierten Schaltkreise ersetzt, so lassen sich durch geringfügige Modifikationen der Prozessorarchitektur insbesondere die Verweilzeiten für die Adreß- und Steuersignale so vorverlegen, daß eine wesentlich  
30 größere Zugriffszeit für die passiven Bus-Teilnehmer verbleibt.

Die Vorzüge des Optobusses gegenüber der herkömmlichen Leiterplattentechnik ergibt sich wie folgt:

- 5           1.    Durch den Verzicht auf    oder zumindest erheblich  
geringeren Bedarf an wertvollen Rohstoffen, wie  
Kupfer und Gold für den Kontaktapparat und dafür  
den Einsatz preiswerter Rohstoffe wie z.B. Alumi-  
nium (Leiterbahnen/Kühlung, Verspiegelung) und Glas  
bzw. Kunststoff für die Lichtleiterplatte, lassen  
10           sich die Materialkosten drastisch verringern.
- 15           2.    Für neue Rechnerkonfigurationen muß nicht jeweils  
ein neues Leiterplatten-Lay-Out erstellt werden,  
hingegen ist nur einmalig eine Koppelfensteranor-  
dnung für eine bestimmte Koppelstellenzahl zu ent-  
wickeln.
- 20           3.    Durch weitgehenden Wegfall eines elektrischen Kon-  
taktapparates kann eine erheblich dichtere Packung  
der Bauelemente erfolgen.
- 25           4.    Mit zunehmender Wortbreite von Rechnerkomponenten  
wird die Verwendung optischer Übertragungstechniken  
auch bei den noch niedrigen externen Quantenwir-  
kungsgraden von 3% bis 5% für derzeit verfügbare  
optische Emitter (LED) zu einer Verringerung der  
Verlustleistung im Bereich der Bus-Treiber-Logik-  
Elemente führen.
- 30           5.    Da externe Signalleiterbahnen fehlen, können dort  
auch keine Störungen durch elektro-magnetische  
Wechselfelder auftreten und wegen der kleinen Weg-  
längen der noch verbleibenden Chipleiterbahnen  
ergeben sich nur noch sehr kleine Induktionsströme,  
35           die sich durch ein geeignetes Chip-Lay-Out zudem  
weitgehend kompensieren lassen. Diese Tatsache wird

die Betriebsicherheit von Rechnerkomponenten bei schwierigen Umweltbedingungen verbessern helfen.

- 5      6.      Werden die Koppelstellen mit steckbaren Fassungen für die Bus-Teilnehmer und lösbaren Koppelzwischen-  
schichten ausgestattet, so können z.B. Rechner-  
systeme auch auf Platinen-Ebene nachträglich umkon-  
figuriert werden.

10

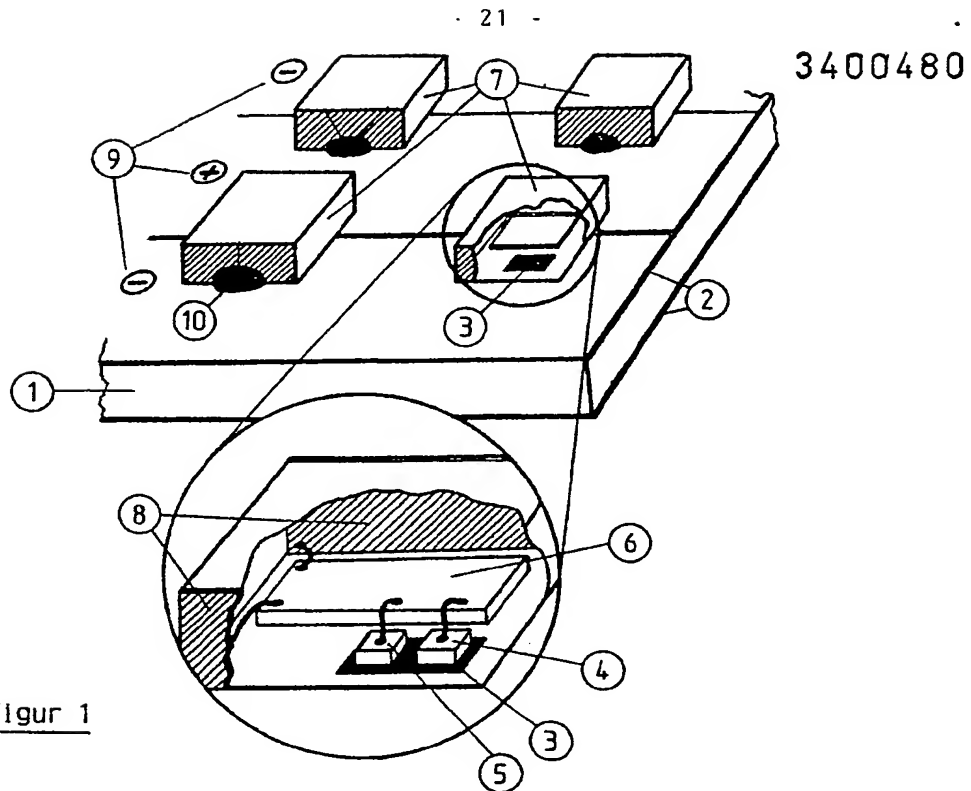
Literatur:

- 5        /1/    DIN 66264: Mehrprozessor-Steuersystem für Arbeits-  
         maschinen (MPST) Parallelbus, Teil 1, Deutsches  
         Institut für Normung e.V. (Berlin: Beuth, 1983)
- /2/    Flik, T.; Liebig, H.: 16-Bit-Mikroprozessorsysteme  
         (Berlin: Springer, 1982)
- 10      /3/    Kind, R.: IIC-BUS: Verteilte Intelligenz auch in  
         Geräten, Elektronik (1981) Bd.7, 89-94
- /4/    Offenlegungsschrift, DE 3012105 A1: Daten-Dialog-  
         system, Deutsches Patentamt, Int.Cl.:H04 B9/00  
15      (Offenlegungstag: 15.10.81)
- /5/    Unger, H.G.: Planar Optical Waveguides and Fibres  
         (Oxford: Clarendon, 1977)
- 20      /6/    Rosenberger, D.: Microoptic Passive Devices for  
         Multimode Optical Fiber Communication Systems,  
         Siemens Forsch.- u. Entw.- Ber. Bd.8 (1979) Nr.3
- /7/    Winstel, G.; Weyrich, C.: Optoelektronik I, Halb-  
25      leiter-Elektronik (Berlin: Springer, 1980)

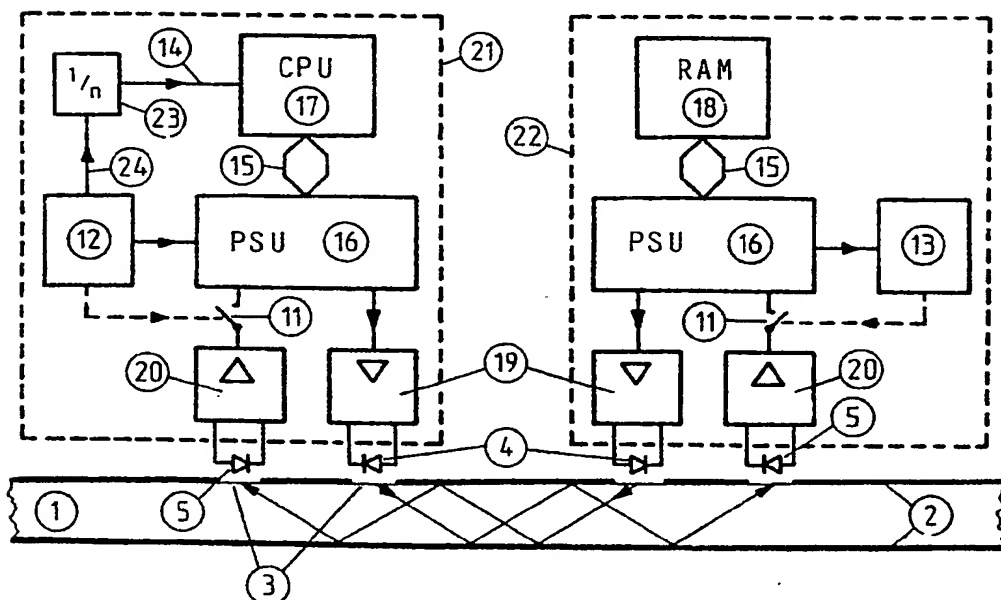
30

35

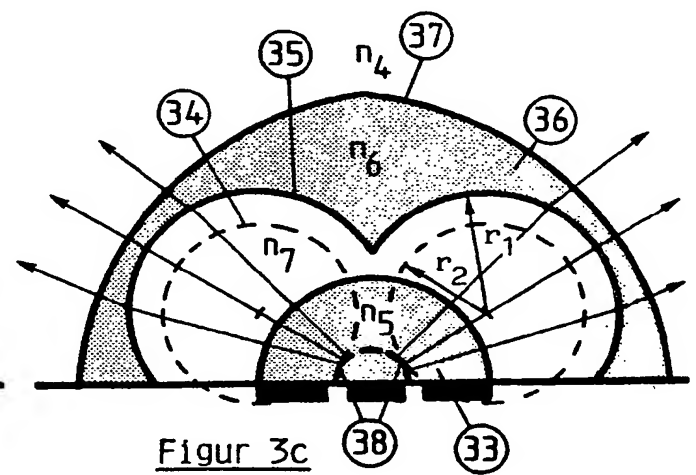
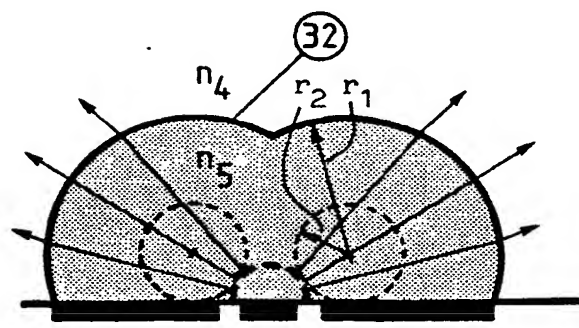
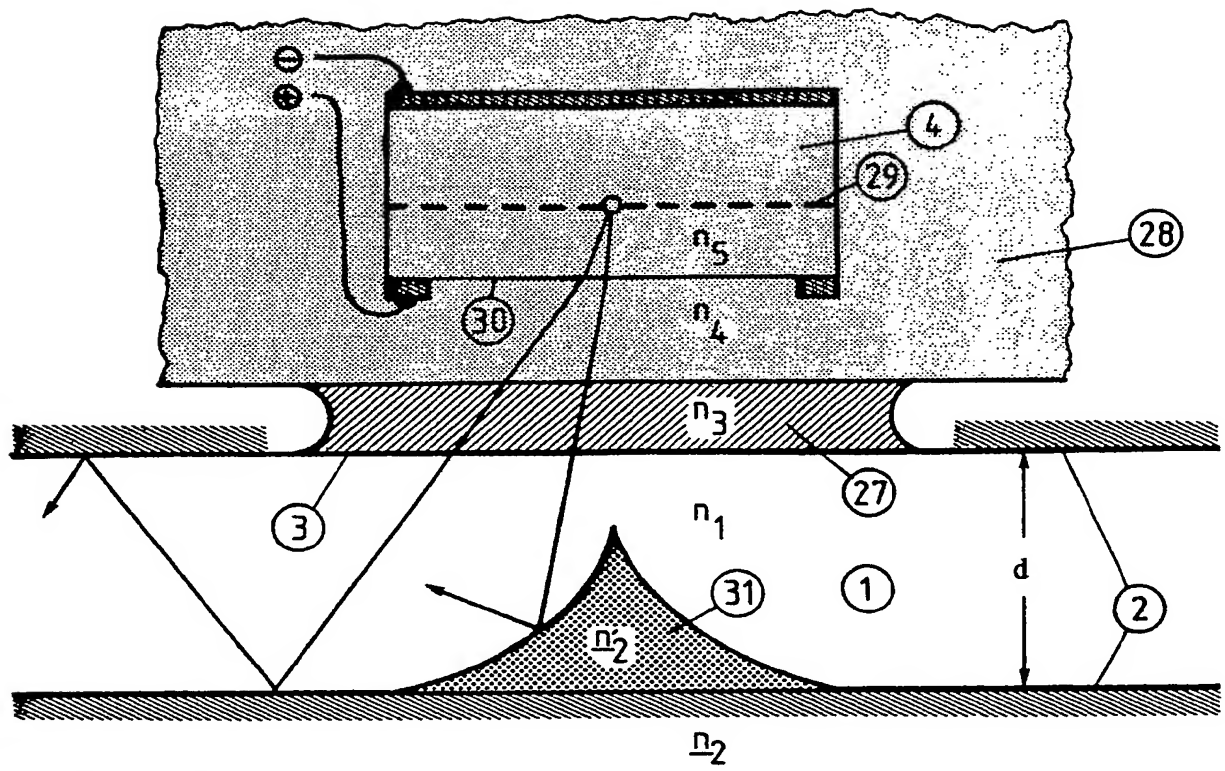
20-  
- Leerseite -



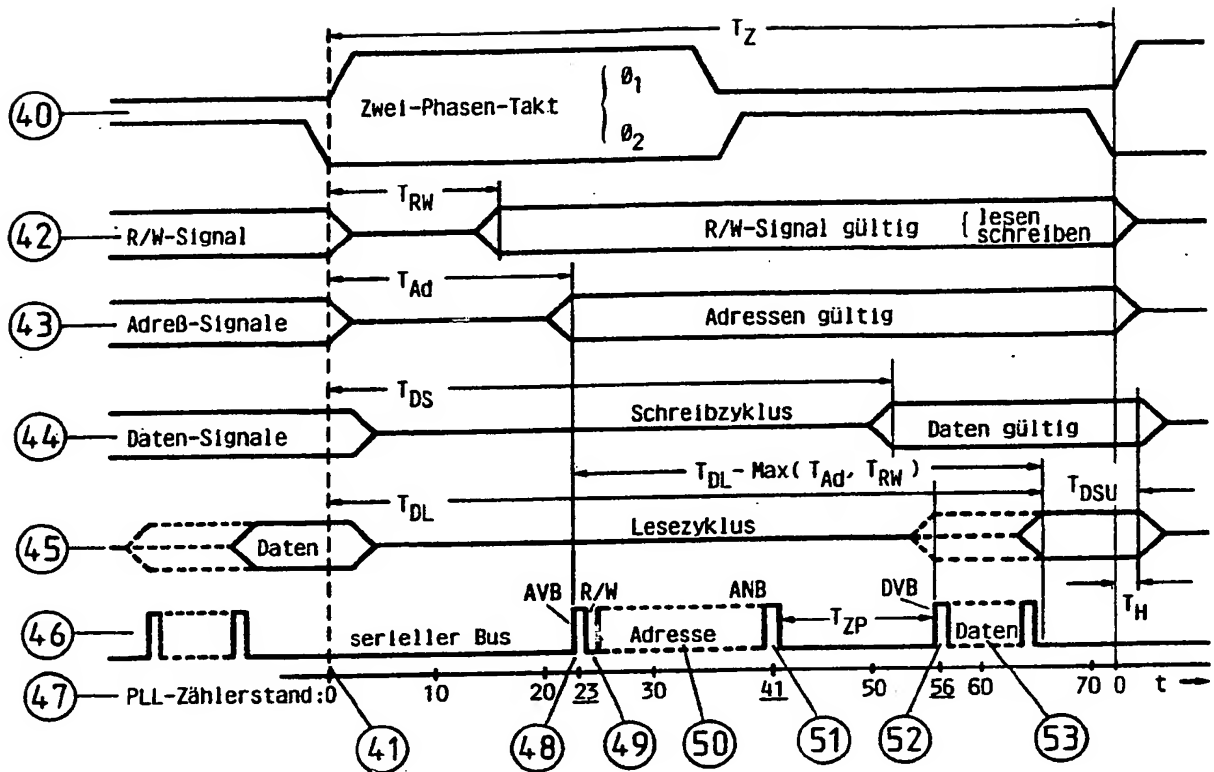
Figur 1



Figur 2







Figur 4